

**Directeur de thèse :** Emilie Verneuil

**Coencadrement :** Jean Comtet

**Becton Dickinson :** Ludovic Leymarie

**Lieu :** Laboratoire Sciences et ingénierie de la Matière Molle (SIMM) – ESPCI Paris

**Financement :** bourse CIFRE sur 3 ans

**Sujet :** Stabilité et dynamique d'étalement et de drainage de films d'huile de silicone déposés sur du verre et exposés à l'air ou à des solutions aqueuses complexes

Becton Dickinson (BD) est l'une des 5 des entreprises majeures dans le domaine du matériel médical et des dispositifs médicaux. Basé à Pont de Claix (38), le site est le siège mondial de BD-MPS (Medical Pharmaceutical System), possède une usine de production et héberge 200 chercheurs dans son centre de recherche. Les grands domaines de recherche tournent autour de la seringue en verre pré-remplissable, utilisée pour la vaccination, le traitement ponctuel ou chronique, l'auto-injection par les patients.

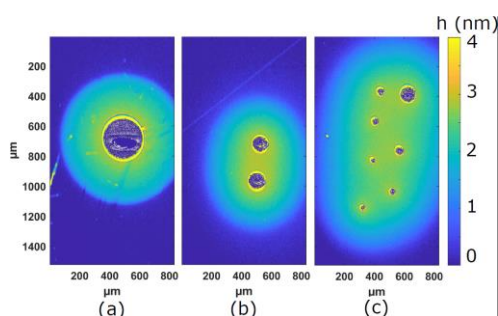
## Contexte et objectives

La plupart des seringues possèdent sur leur face interne un revêtement lubrifiant afin d'assurer une injection régulière et complète de la dose de médicament et de maintenir ces fonctionnalités dans le temps. La siliconisation est le procédé couramment utilisé pour recouvrir la surface intérieure de la seringue en verre d'une huile silicone liquide via un enchaînement d'étapes : lavage, séchage, dépôt de la couche de silicone par pulvérisation de gouttelettes dans la seringue. Une fois le revêtement déposé, les seringues sont emballées, stérilisées puis stockées avant envoi aux clients. La couche lubrifiante, une fois déposée, s'homogénéise puis a tendance à s'écouler le long de la seringue sous l'effet de la gravité pendant la phase de stockage. L'amincissement gravitaire de la couche lubrifiante peut conduire à une diminution des performances de la seringue au cours du temps (nécessité d'appliquer une force plus élevée pour l'injection) voire à limiter sa durée de vie. Par ailleurs une fois la seringue remplie, la couche lubrifiante peut réagir avec la solution médicamenteuse. Des gouttelettes de silicone de taille microscopique peuvent alors se former par arrachement de la surface du revêtement. Une fois en solution, celles-ci peuvent nuire à l'efficacité du traitement. Pour limiter ces phénomènes, il existe des alternatives comme le silicone "baked" ou encore le silicone réticulé, nécessitant à chaque fois un post-traitement du coating. Ces technologies offrent de meilleures propriétés (faible gliding force, peu de particules relarguées) si et seulement si la couche de silicone est initialement homogène.

L'enjeu de cette thèse sera de mieux comprendre le comportement de l'huile silicone et les mécanismes régissant l'interaction silicone/verre afin de proposer des solutions techniques permettant d'améliorer l'homogénéité et la stabilité de la couche lubrifiante en configuration seringue vide puis seringue remplie. L'approche reposera sur le développement de dispositifs expérimentaux et sur l'utilisation de systèmes modèles : silice, plaquettes de silicium ou verre d'une part, et huiles de silicone modèles ou commerciales bien caractérisées, d'autre part, afin de mesurer et modéliser théoriquement le comportement de la couche silicone:

- Identification des paramètres clés du procédé de siliconisation par pulvérisation de gouttelettes influençant l'état et la distribution du silicone.
- Mise en place de techniques d'imagerie (réflectométrie, ellipsométrie) permettant de mesurer l'évolution du profil d'épaisseur du silicone sur les surfaces solides à la fois à l'échelle de quelques nanomètres et à l'échelle des gouttelettes déposées (voir figure) : quelle est la dynamique d'étalement des gouttelettes sachant qu'elles sont entourées d'un film précurseur de mouillage ? Y a-t-il transfert entre elles via ce film ? Quel état final obtient-on ?
- Développement de montages expérimentaux permettant de visualiser l'écoulement par gravité du silicone en géométrie plane et cylindrique
- Etude des phénomènes de mouillage/démouillage et de drainage en tenant compte des interactions verre/silicone, silicone/solution et la modélisation de l'évolution de la couche silicone en seringues vides et remplies (formulations classiques de placebos sans substance active).

L'étude pourra ensuite être étendue à des systèmes plus complexes comme un silicone en émulsion ou un silicone réticulé.



Images de microscopie ellipsométrique faisant apparaître les films précurseurs de mouillage d'épaisseur nanométrique (échelle à droite) s'étalant autour d'une ou plusieurs gouttes de polymère fondu déposées sur la couche de silice d'une plaquette de silicium.

L'objectif industriel est double : comprendre les paramètres qui gouvernent l'écoulement du silicone dans les seringues vides au travers des phénomènes de mouillage/démouillage, impact de l'état de surface du verre et être capable de modéliser le profil silicone le long de la paroi de verre de seringues vides puis au contact de solutions médicamenteuses.

**Profil recherché :** Elève-ingénieur en fin de cycle ou Master 2, ayant une formation de physicien avec des connaissances en physique et physico-chimie de la matière molle, hydrodynamique et/ou physico-chimie des interfaces. Le/la candidat(e) devra présenter des qualités de rédaction et de communication en français et anglais, un sens de l'organisation et une appétence pour le travail expérimental (développement de montages expérimentaux, et mesures) et l'interprétation en vue de modélisations théoriques.

Contacts : Envoyer un CV, une lettre de motivation à [ludovic.leymarie@bd.com](mailto:ludovic.leymarie@bd.com) et [emilie.verneuil@espci.fr](mailto:emilie.verneuil@espci.fr)